

УДК 528.4

С.І. Болобан, к.т.н., с.н.с.

Р.М. Осадчук, к.т.н., н.с.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВИСОТИ ОБ'ЄКТІВ ЗА РОЗМІРАМИ ЇХ ТІНЕЙ НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ

У статті запропоновано новий підхід до визначення висоти об'єктів за їх зображеннями на одиночних кадрових космічних знімках. Його практична реалізація дозволить підвищити достовірність процесу дешифрування космічних знімків.

Вступ. Постановка проблеми. В умовах сьогодення вирішення як цивільних, так і військових завдань потребує ретельного вивчення району майбутніх дій (операцій). Для забезпечення достатньої швидкості виконання й злагодженості таких дій виникає необхідність ретельного планування в рамках обмеженого часу. Так успіх спланованої військової операції сильно залежить від точності й повноти знань про регіон майбутнього проведення операції з урахуванням усіх можливих нюансів. Саме тому набувають великого значення знання про об'єкти, їх точні кількісні характеристики. Це призводить до необхідності пошуку додаткових джерел інформації, зокрема до необхідності використання засобів космічного спостереження земної поверхні.

Основним і головним завданням космічного спостереження є пошук, виявлення і розпізнавання об'єктів на земній поверхні, зокрема забезпечення детальною інформацією про виявлені об'єкти та аналіз діяльності в заданому регіоні. Інформацію про об'єкти спостереження несуть їх розпізнавальні ознаки [1, 2]. Однак не завжди вдається швидко отримати всі необхідні дані про об'єкт спостереження, оскільки деякі ознаки розпізнавання виміряти безпосередньо за знімком неможливо. Так висота часто відіграє вирішальну роль у визначенні важливості об'єкта. Розрахунки цієї ознаки значно ускладнюють і уповільнюють процес дешифрування, оскільки, на відміну від довжини й ширини, висоту неможливо виміряти безпосередньо на одиночному знімку. Визначити висоту об'єкта можливо лише за його тінню (не враховуючи випадок стереознімання). Для цього вимірюється довжина зображення тіні об'єкта, висота якого заздалегідь відома. Визначається кількість одиниць висоти, яка припадає на одиницю довжини зображення тіні. Отримане значення використовується для розрахунку висот інших об'єктів за довжинами зображень їх тіней [3]. Такий підхід має суттєвий недолік – потребує апріорної інформації про значення висоти заздалегідь відомого об'єкта розпізнавання. За відсутності таких об'єктів визначення висоти за одиночним знімком є неможливим. Тому актуальним є питання розробки методики оцінки висоти об'єктів за розмірами їх тіней.

Цілі статті. Стаття присвячена розробці методики оцінки висоти об'єктів за розмірами їх тіней на космічних знімках. Практична реалізація розробленої методики дозволить підвищити достовірність дешифрування космічних знімків за рахунок отримання додаткової інформації про об'єкти зйомки.

Викладення основного матеріалу. Щоб знайти висоту об'єкта на одиночному кадровому космічному знімку, розглянемо більш детально принцип формування його зображення (рис. 1).

Як видно з рисунка 1, висоту об'єкта h можна знайти як:

$$h = L \cdot \operatorname{tg}(\alpha), \quad (1)$$

де L – довжина тіні на земній поверхні; α – кут місця Сонця.

Припускаючи, що масштаб зображення тіні є незмінним і дорівнює масштабу в точці P_1' , довжину тіні на земній поверхні знайдемо, скориставшись таким співвідношенням:

$$\frac{l}{L} = \frac{f'}{H'}, \quad (2)$$

де l – довжина тіні на знімку; f' , H' – допоміжні величини.

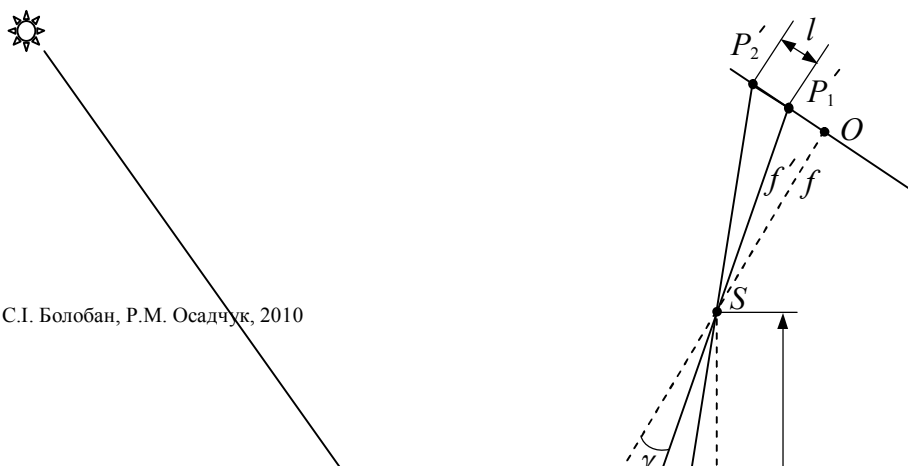


Рис. 1. Принцип формування зображення об'єкта та його тіні на космічному кадровому знімку

Довжину тіні l на знімку можна виразити як:

$$l = nk, \quad (3)$$

де n – кількість пікселів, яка вкладається в довжину тіні; k – крок решітки оптичного приймача.

Тоді довжина тіні L на земній поверхні дорівнює:

$$L = l \frac{H'}{f'}. \quad (4)$$

Допоміжну величину f' визначимо як:

$$f' = \sqrt{A^2 + f^2}, \quad (5)$$

де $A = OP'_1$ – відстань від центра O знімка до початку зображення тіні P'_1 ; f – фокусна відстань оптичної системи.

$$A = ka, \quad (6)$$

де a – кількість пікселів, яка вкладається у відстань OP'_1 .

Допоміжну величину H' знайдемо з виразу:

$$\frac{H'}{H} = \cos(\beta - \gamma),$$

звідки:

$$H' = \frac{H}{\cos(\beta - \gamma)}, \quad (7)$$

де H – висота польоту КА; β – кут відхилення оптичної осі; γ – допоміжний кут, що дорівнює:

$$\gamma = \arccos\left(\frac{f}{f'}\right). \quad (8)$$

Підставивши (8) у вираз (7), отримаємо:

$$H' = \frac{H}{\cos(\beta - (\arccos(f/f')))} \quad (9)$$

Підставивши (9) та (5) у вираз (2), отримаємо формулу для визначення довжини тіні на земній поверхні:

$$L = l \cdot \frac{\left(\frac{H}{\cos(\beta - (\arccos(f/f')))} \right)}{\sqrt{A^2 + f^2}}. \quad (10)$$

Підставивши (10) в (1), отримаємо:

$$h = l \cdot \frac{\left(\frac{H}{\cos(\beta - (\arccos(f/f'))) } \right)}{\sqrt{A^2 + f^2}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha).$$

З урахуванням (3), (6) кінцева формула для розрахунку висоти об'єктів матиме вигляд:

$$h = \frac{nk \cdot \left(\frac{H}{\cos(\beta - (\arccos(f/\sqrt{k^2 a^2 + f^2})))} \right)}{\sqrt{k^2 a^2 + f^2}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha). \quad (11)$$

Кут місця Сонця α для району з геодезичною широтою φ й довготою λ визначається за такою формулою [4]:

$$\alpha = \arcsin(\sin(\delta_c) \cdot \sin(\varphi) + \cos(\delta_c) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\Delta\lambda_0)), \quad (12)$$

де δ_c – нахил Сонця на дату спостереження, задається таблично [4]; $\Delta\lambda_0 = \lambda_0 - \lambda$ – різниця значень довготи Сонця та спостерігача (часовий кут).

На заданий момент часу t_k величина $\Delta\lambda_0$ визначається такими рівняннями для зимового та літнього періодів відповідно:

$$\Delta\lambda_0 = 255 - 15(t_k - \eta_0) - \lambda, \quad \Delta\lambda_0 = 240 - 15(t_k - \eta_0) - \lambda,$$

де η_0 – часова поправка в долях години.

Таким чином, методику оцінки висоти об'єктів за розмірами їх тіней можна представити у вигляді декількох етапів.

Перший етап. Перед початком проведення розрахунків необхідно визначити апріорні дані про умови зйомки, а саме:

- висоту зйомки H ;
- фокусну відстань f об'єктива знімальної апаратури;
- крок решітки k оптичного приймача;
- кут відхилення оптичної осі знімальної апаратури β ;
- час зйомки t_k та геодезичні координати φ , λ об'єкта зйомки;
- кут місця Сонця α на момент зйомки (розраховується відповідно до (12)).

Другий етап. На цьому етапі проводяться виміри на знімку, а саме:

- визначаються піксельні координати точок P'_1 , P'_2 (початок і кінець зображення тіні) та довжина n зображення тіні в пікселях;
- визначається відстань a в пікселях від центра знімка до початку зображення тіні.

Третій етап. Розрахунок висоти об'єкта. Використовуючи апріорні дані про умови зйомки та значення вимірних параметрів n , a , відповідно до (11) розраховується значення висоти об'єкта.

Висновок. Представлено методику, яка дозволяє визначити висоту об'єктів на одиночних кадрових космічних знімках. Як апріорні дані для розрахунків використовуються розмір зображення тіні та параметри, що характеризують умови зйомки. Використання розробленої методики дозволить підвищити достовірність процесу дешифрування космічних знімків за рахунок отримання додаткової інформації про об'єкт зйомки. Представлена методика дозволяє створити програмно-алгоритмічне забезпечення для її практичної реалізації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Моисеев В.Л.* Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков / *В.Л. Моисеев, М.А. Попов.* – Ч. II. – К. : КВВАИУ, 1991. – 337 с.
2. *Агеев И.М.* Обработка и дешифрирование аэрофотоизображений : учеб. пособие / *И.М. Агеев, В.И. Мухин, А.А. Хорьев.* – М. : РВСН, 1992. – 144 с.
3. *Карпович И.Н.* Военное дешифрирование аэроснимков / *И.Н. Карпович.* – М. : Воен. изд-во, 1990. – 543 с.
4. *Мельканович А.Ф.* Фотографические средства и их эксплуатация / *А.Ф. Мельканович.* – Л. : МО, 1984. – 514 с.

БОЛОБАН Сергій Іванович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– дешифрування аерокосмічних знімків.

ОСАДЧУК Руслан Миколайович – кандидат технічних наук, науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– обробка даних дистанційного зондування Землі.

Подано 18.08.2010

Болобан С.І., Осадчук Р.М. Методика оцінки висоти об'єктів за розмірами їх тіней на космічних знімках
Болобан С.И., Осадчук Р.Н. Методика оценки высоты объектов по размерам их теней на космических снимках
Болобан С.И., Осадчук Р.Н. Методика оценки высоты объектов по размерам их теней на космических снимках

УДК 528.4

Методика оценки высоты объектов по размерам их теней на космических снимках / С.И. Болобан, Р.Н. Осадчук

В статье предложен новый подход к определению высоты объектов по их изображениям на одиночных кадровых космических снимках. Его реализация позволяет повысить достоверность процесса дешифровки космических снимков.

УДК 528.4

АНГЛИЙСКИЙ